

Ⅱ-63

合理式における流出係数について

群馬高専 正会員 山本 好克

1. はじめに 1889年、米国のKuichling によって、New York、Rochester の下水渠計画におけるピーク流出量を決定するのに用いられたといわれるRational Formula（合理式）は¹⁾、その後、都市雨水排除計画などにもよく利用されるようになり、わが国では、中小河川流域の洪水流出量計画にまで適用されるようになった。この合理式では、対象流域の洪水到達時間と流出係数を与えるだけで簡単にピーク流出量が推定できる。それゆえ、この2つの量の値いかんで、ピーク流出量の推定値は大きく異なることになるから、これらの値の決定は重要となる。実際には、流域の特性値と関係付けられたいくつかの洪水到達時間計算法と流出係数の標準値が提案されている²⁾。しかしながら、対象流域におけるこれらの値を決定することは、必ずしも容易なことではなく、迷うことが多いように思われる。また、用いた値によるピーク流出量の再現性についての検討が未だ不十分であるように見受けられる。

ここでは、物理現象がより明確でありかつ実用的な流出係数について、庄内川流出試験地における、山崎川(都市化)流域、植田川(半都市化)流域および香流川(自然)流域の各6洪水水文資料³⁾を用いて検討する。

2. 合理式と流出係数について 合理式は、次式で与えられている。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} f R A \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 Q_p ：最大（ピーク）洪水流出量（ m^3/s ）、 f ：（ピーク）流出係数、 R ：洪水到達時間 t_p 内の平均降雨強度（ mm/h ）、 A ：流域面積（ km^2 ）、である。

対象流域では、 A は既知量であるから、 f と R すなわち t_p をいかに決定するかが重要となる。ところで、 t_p の計算法や f の標準値は、流域特性量のみと関係付けられている。 t_p については、河道を流下する洪水流を Kinematic wave で近似し、さらに、洪水伝ばん速度は流量増加にかかわらず一定であるとするれば、河道勾配などの地形量のみでの表現が可能となる。 f については、地質や地被状況などの流域特性量によることはもちろんであるが、降雨特性にも大きく係わるものと思われる。そこで流域特性区分毎に、流出係数 f に関する次式を設定する。

$$f = 1 - f' \quad , \quad f' = R' / R = \alpha R^\beta \quad \text{----- (2)}$$

ここで、 f' ：損失係数、 R' ：洪水到達時間 t_p 内の損失平均降雨強度（ mm/h ）、 α ； β ：係数、である。こうして、対象流域の f の値は、あらかじめ流域特性区分毎の α 、 β の値が決定されていれば、 R の値を与えるだけで容易に求めることができる。

3. 流出係数算定式 庄内川流出試験地は、名古屋市東部の丘陵にあり、各試験地は図-1に示すように隣接しているが、山崎川流域は開発済、植田川流域は開発中、香流川流域は未開発といった流域特性となっており、それらの諸元は、表-1のようである。昭和45～49年の各洪水資料を用いて、 α 、 β を決定する手順とその結果は以下のものである。

表-1 流出試験地の諸元

項 目	山崎川	植田川	香流川
流域面積（ km^2 ）	13.48	18.90	26.99
都市化率（％）	91.4	52.2	30.9
河道延長（ km ）	6.04	8.17	11.41
河床勾配	1/195	1/178	1/146

(1) 洪水到達時間 t_p Kraven式を用いて計

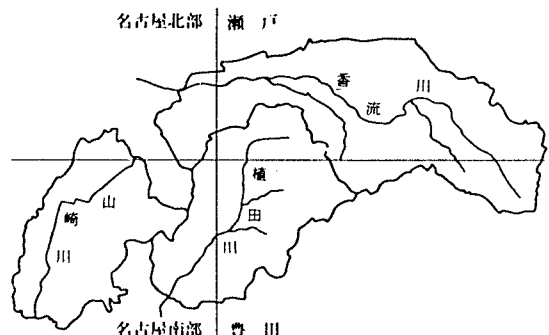


図-1 流出試験地

算した結果、山崎川 0.56 h (34min)、植田川 0.76 h (46 min)、香流川 1.06 h (64min)の値を得た。

(2) t_p 内平均降雨強度 R 表-2に示した各流出試験地の各6洪水資料の $R(\text{mm/h})$ を計算し、やはり表-2に示した。ここで R は、実測ハイエトグラフにおける t_p 時間内の最大降雨強度である。

(3) 実測流出係数 f 表-2に示した実測ピーク流出量 $Q_p (\text{m}^3/\text{s})$ と t_p 内平均降雨強度 R を用いて、式(1)より $f (= 3.6 Q_p / f A)$ を計算（実測流出係数と呼ぶ）し、その結果をやはり表-2に示した。

(4) 係数 α 、 β の決定と流出係数 f の算定式 式(2)を $1-f = \alpha R^\beta$ と変形し、両辺の対数を取り、実測流出係数 f と t_p 内平均降雨強度 R を代入し、最小2乗法を用いて α 、 β を決定する。図-2には、 $1-f$ と R の関係を両対数にプロットして示してある。なお、決定結果は、次式の流出係数算定式として示してある。ただし、()内の値は、適合性を表わす相関係数 r である。

都市化（山崎川）流域

$$f = 1 - 2.89 R^{-0.485} \quad (r=0.98)$$

半都市化（植田川）流域

$$f = 1 - 0.98 R^{-0.134} \quad (r=0.89)$$

自然（香流川）流域

$$f = 1 - 1.04 R^{-0.084} \quad (r=0.86)$$

4. 考察 流域特性区分毎の流出係数算定式(3)による f の値は、表-2に示してあるように実測のそれをよく再現しており、この値を用いて計算したピーク流出量 Q_p と実測ピーク流出量 Q_p との適合性も図-3に示してあるように良好である。また、これらの相対誤差は、ほぼ $\pm 10\%$ 以内となっている。なお、合理式の原理は、雨水流の貯留効果がほとんどない流域からのピーク流出量の推定にあり、このことから、都市化流域において良好な適合性が得られたものと思われる。

5. おわりに 流域特性区分毎の流出係数 f を、損失係数 f' の観点から捉え、さらに、降雨強度で表現した式を実流域に適用した結果、この式の妥当性を見出すことができた。今後、多くの流域に適用し、この式の有用性を検討して行きたい。

参考文献 1) VEN TE CHOW : HANDBOOK OF APPLIED HYDROLOGY, McGraw-Hill Inc, pp. 14-6~7, 1964
2) 建設省河川局：建設省河川砂防技術基準（案）調査編、山海堂、pp. 149~153、昭61年

3) 建設省中部地方建設局庄内川工事事務所：庄内川流出試験地水文資料(1971~1974)、1975

表-2 実測 Q_p および計算 R と f

	生起年月日	Q_p	R	実測 f	計算 f
山崎川	460701	25.29	21.2	0.32	0.34
	460830	79.68	40.8	0.52	0.52
	480502	42.73	26.3	0.43	0.41
	480906	15.55	17.3	0.24	0.27
	490828	14.85	15.5	0.26	0.24
	491030	10.49	13.8	0.20	0.19
植田川	480905	13.62	9.7	0.27	0.27
	481028	10.92	7.3	0.28	0.25
	490618	56.93	28.0	0.39	0.37
	490621	11.95	8.7	0.26	0.26
	490718	20.33	14.0	0.28	0.31
	490927	17.52	12.0	0.28	0.29
香流川	450616	23.83	19.0	0.17	0.19
	470608	34.34	22.1	0.21	0.20
	470909	21.59	15.4	0.19	0.17
	490725	15.21	12.3	0.16	0.16
	490828	12.02	11.1	0.14	0.15
	491008	10.81	9.7	0.15	0.14

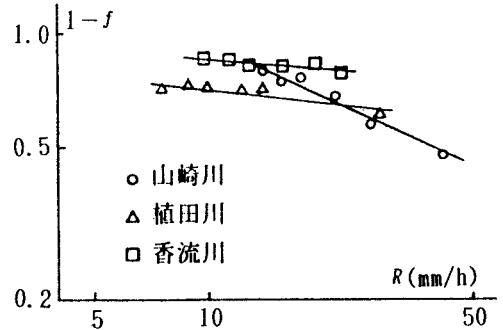


図-2 $1-f$ と R の関係

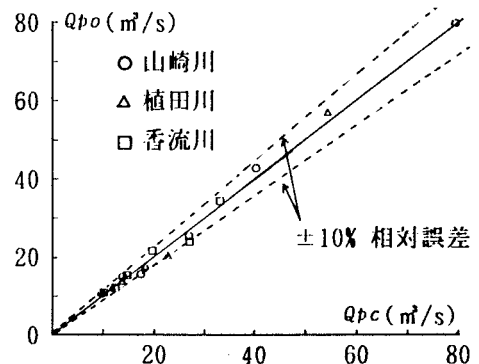


図-3 実測と計算ピーク流量